

Інформаційні технології в медицині

УДК 681.3

М.В. Бурцев

Национальный технический университет «ХПИ», Харьков

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В МЕДИЦИНЕ, ОСНОВАННОЙ НА КОМБИНИРОВАННОМ РЕШАЮЩЕМ ПРАВИЛЕ, ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ КРОВИ

Проведена апробация разработанной системы поддержки принятия решений в медицине, основанной на комбинированном решающем правиле, которое объединяет вероятностную логику и описание симптомокомплексов заболеваний с помощью аппарата нечеткой логики, при диагностике заболеваний крови на примере диагностики анемий.

Ключевые слова: поддержка принятия решений, комбинированное решающее правило, вероятностная логика, симптомокомплекс, нечеткая логика, диагностика анемий.

Постановка проблемы и анализ литературы

Профилактика заболеваний органов кровообращения (анемий) является актуальной проблемой в медицине. Залогом успеха профилактических действий является своевременное выявление заболевания.

Так, например, железодефицитная анемия (ЖДА) составляет более 80 % всех видов анемий у детей [1]. Нарушение обмена железа является одним из самых распространенных состояний как среди детей, так и среди взрослых. Последние 25 лет эксперты Всемирной организации здравоохранения активно занимались изучением этого вопроса.

По их данным, еще в 1987 г. дефицит железа выявлялся примерно у 20% населения, при этом наиболее часто – у детей, подростков и женщин. В 2001 г. ситуация не изменилась: в Центральной и Восточной Европе, даже в экономически развитых странах, примерно 10–12 % женщин и 3–8 % мужчин страдали ЖДА [2–3].

В детской популяции Украины сегодня распространенность дефицита железа составляет 21.1–29.7% у школьников и 46.2–0.8% у детей раннего возраста [1]. Обращает на себя внимание рост распространенности железодефицитной анемии за последнее 15 лет: по данным Министерства охраны здоровья Украины, в 1997 г. этот показатель составил 36.05, в 2000 г. – 35.98, в 2004 г. – 50.2, в 2006 г. – 42.5 на 1000 детского населения. По состоянию на 2000 г. заболеваемость достигала 14.8, а на 2006 г. – 16.3 на 1000 населения [4].

При диагностике анемии наибольшее внимание уделяют исследованию крови (клинический и биохимический анализ крови). Данные этих исследований представлены численными признаками, что делает возможным использование разработанной сис-

темы поддержки принятия решений (СППР), основанной на комбинированном решающем правиле (КРП), для диагностики анемий.

Распространенность анемий в детском возрасте, которая является следствием поздней диагностики, требует внимания и своевременного выявления данной патологии. Довольно часто клинические проявления болезни у пациента могут не наблюдаться.

В связи с этим возникает необходимость оперативного контроля с помощью лабораторных данных. Данный контроль может осуществляться при помощи системы поддержки принятия решений.

Разработана СППР, которая основана на комбинированном решающем правиле [5]. Предлагаемое решающее правило построено на объединении вероятностной логики (метод Вальда) и описания симптомокомплексов заболеваний. КРП применяется в составных узлах иерархической структуры диагнозов [6], представленной двоичным деревом, и предполагает вычисление отношения правдоподобия

$$\Omega = \prod_{j=1}^m \frac{h(x_j / D_q)}{h(x_j / D_w)}, \quad (1)$$

где $H(x_j/D_k)$ – взвешенная сумма оценок составляющих КРП; x_j – диагностические признаки; D_q и D_w – дифференцируемые группы диагнозов.

Вероятностная составляющая, представляющая объективный подход, при формировании диагностического вывода полагается на данные обучающей выборки. Для расчета необходимых вероятностей применяется аппроксимация теоретического закона распределения гистограммой, при этом выполняется разбивка численных признаков на неравномерные диагностически значимые интервалы τ_i [7].

Описание симптомокомплексов является представлением субъективного мнения экспертов, и служит механизмом, который позволяет корректировать

работу КРП, учитывая профессиональный опыт врачей-специалистов, накопленный за многие годы.

Так как симптомокомплексы зачастую составляют лингвистические переменные, в качестве математического аппарата, который позволяет выполнить их описание, выбрана нечеткая логика [8 – 10]: симптомокомплексы описываются с помощью функций принадлежности [11].

Целью статьи является описание результатов применения разработанной СППР для диагностики заболеваний крови на примере диагностики анемий.

Структура обучающей выборки

На основании данных обследований детей до 16 лет, которые были получены из медучреждений Харькова, была сформирована обучающая выборка для разработанной СППР. Данные представляют собой результаты клинического анализа крови (табл. 1), по которым установлено диагностические состояния, описанные в табл. 2.

Таблица 1

Структура клинического анализа крови

Признак	Единица измерения
Сывороточное железо	мкмоль / л
Общая железосвязывающая способность сыворотки (ОЖСС)	мкмоль / л
Коэффициент насыщения железом	
Общий билирубин	мкмоль / л
Связанный билирубин	мкмоль / л
Свободный билирубин	мкмоль / л
Свободный гемоглобин	мкмоль / л
Проба Кумбса	
Гемоглобин	г / л
Цветной показатель	
Эритроциты	х 10 ¹² / л
Ретикулоциты	х 10 ⁹ / л

Таблица 2

Структура обучающей выборки

МКБ-10	Наименование	Кол-во человек
D50	Железодефицитная анемия	100
D53.0	Анемия вследствие недостаточности белков	100
D55	Анемия вследствие ферментных нарушений	100
-	Условно здоровый	100

Данную структуру обучающей выборки можно считать положительным случаем (positive case) для СППР, так как:

- 1) количество диагностических признаков больше количества диагностируемых состояний;
- 2) данные признаки являются патогномическими / специфическими для диагностируемых состояний;
- 3) каждое из диагностируемых состояний представлено равным количеством объектов обучающей выборки.

Используя построение иерархической структуры диагнозов методом структурной декомпозиции с применением генетического алгоритма [6], получено дерево диагнозов (рис. 1).

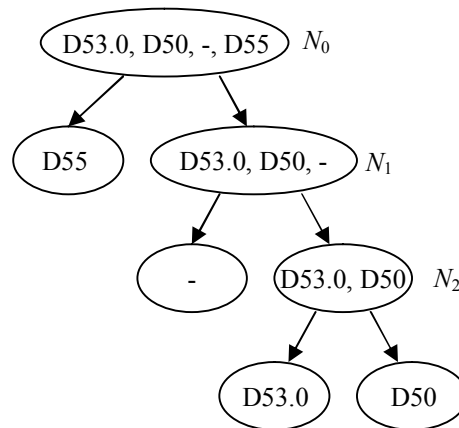


Рис. 1. Иерархическая структура диагнозов

Каждый из составных узлов иерархической структуры диагнозов содержит последовательность гистограмм, аппроксимирующих теоретический закон распределения признаков, упорядоченную по убыванию информативности признаков (рис. 2). Данная иерархия в целом представляет собой фрейм знаний СППР.

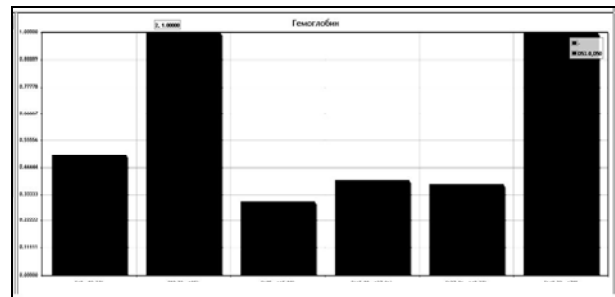


Рис. 2. Аппроксимация теоретического закона распределения гистограммой

Построение фрейма на базе описанной обучающей выборки (табл. 2) занимает ~ 30 с (CPU 1.6GHz x4, 8Gb RAM). Результаты диагностики приведены в табл. 3, где:

- 1) $P(x)$ – результаты применения метода Вальда (объективная составляющая);
- 2) $\mu(x)$ – результаты применения детерминистической логики с описанием симптомокомплексов с помощью нечеткой логики (субъективная составляющая);
- 3) Ω – результаты использования разработанного комбинированного решающего правила;
- 4) N – число правильно распознанных объектов;
- 5) % – процент правильно распознанных объектов от общего количества.

В ходе диагностики вес каждой из составляющих комбинированного решающего правила установлен равным 0.5, то есть результаты работы каждой из составляющих являются равноправными, $\alpha = 0.05$, $\beta = 0.05$ (ошибки первого и второго рода соответственно). Как видно из результатов, при диагностике

анемий розробленої СППР кількість верно класифікованих об'єктів становить 100%, що підтверджує работоспособність системи в разі, коли для діагностики використовуються дані обстежених, що містять патогномічні та специфічні ознаки. При цьому в кожному вузлі ієрархічної структури аналізується достатньо невелике кількість ознак (табл. 4).

Таблиця 3
Результати діагностики

МКБ-10	Результати діагностики					
	P(x)		μ(x)		Ω	
	N	%	N	%	N	%
D50	100	100	100	100	100	100
D53.0	100	100	99	99	100	100
D55	100	100	100	100	100	100
-	100	100	87	87	100	100
Σ	400	400	386	96.5	400	400

Таблиця 4
Кількість ознак, аналізованих в складних вузлах

Діагноз	Складний вузол ієрархічної структури		
	N ₀	N ₁	N ₂
D50	1	1.14	2.78
D55	2.1	-	-
D53.0	1.76	3	5.18
-	1.55	3	-

Таким чином, аналіз ознак в порядку зменшення їх інформативності дозволяє значно скоротити час проведення диференціальної діагностики, яка виконується шляхом встановлення уточнюючого діагнозу.

Висновки

Виконано апробацію наступних методів та їх програмної реалізації: метод формування нерівномірних діагностично значимих інтервалів чисельних ознак, шляхом апроксимації теоретичного закону розподілення гистограмою, метод побудови функцій приналежності для описання симптомокомплексів захворювань на основі даних навчальної вибірки, метод побудови ієрархічної структури діагнозів шляхом структурної деком-

позиції з використанням генетичного алгоритму, розроблене комбіноване рішення правило.

Результати апробації показали, що методи та їх програмна реалізація є работоспособними. Виконано комплексну перевірку розробленої системи на реальних медичних даних.

Список літератури

1. Марушко Ю.В. Діагностика та терапія залізодефіцитної анемії у дітей / Ю.В. Марушко, О.О. Лісоченко // *Дитячий лікар*. – К.: ІД «Здоров'я України», 2009. – №1. – С. 63-66.
2. *World Health Report 2002 Reducing Risks, Promoting Healthy Life*. – Geneva, 2002.
3. *Worldwide prevalence of anemia 1993-2005. WHO global database of anemia*. Edited by de Benoist B. et al. World Health Organisation, 2008.
4. *Стан здоров'я дітей та підлітків в Україні та надання їм медичної допомоги за 2006 р.* – ЦМС МОЗУ, 2007.
5. Бурцев М.В. Синтез комбінованого рішення правила в задачі медичної діагностики / М.В. Бурцев, А.І. Поворознюк // *Вісник Національного технічного університету "ХПІ"*. Темат. випуск: Інформатика і моделювання. – Х.: НТУ "ХПІ", 2009. – Вип. 43. – С. 27-33.
6. Бурцев М.В. Побудова ієрархічної структури діагнозів для комбінованого рішення правила в комп'ютерних системах медичної діагностики / М.В. Бурцев, А.І. Поворознюк // *Вісник НТУ "ХПІ"*. – Х.: НТУ "ХПІ", 2011. – С. 29-34.
7. Поворознюк А.І. Формування діагностических інтервалів чисельних ознак при диференціальній діагностиці / А.І. Поворознюк // *Вісник Хмельницького нац. ун-ту*. – Хмельницький: ХНУ, 2007. – №3, Т.1. – С.106-109.
8. *Прикладні нечіткі системи: Пер. с япон.* / К. Асаї, Д. Ватада, С. Иваї та др.; под ред. Т. Тэрано, К. Асаї, М. Сугэно. – М.: Мир, 1993. – 368 с.
9. *Новак В. Математическі принципи нечіткої логіки. пер с англ.* / В. Новак, І. Перфільєва, І. Мочкрож. – М.: Физматлит, 2006. – 352 с.
10. *Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечіткі системи* / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.
11. Бурцев М.В. Выбор функций принадлежности для описания симптомокомплексов в комбінованом правиле / М.В. Бурцев, А.І. Поворознюк // *Вісник НТУ "ХПІ"*. Тематичний випуск: Інформатика і моделювання. – Х.: НТУ "ХПІ". – 2010. – № 31. – С. 10-15.

Поступила в редакцію 25.06.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.І. Поворознюк, Національний технічний університет «ХПІ», Харків.

ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В МЕДИЦИНІ, ЗАСНОВАНОЇ НА КОМБІНОВАНОМУ ВІРШАЛЬНОМУ ПРАВИЛІ, ПРИ ДІАГНОСТИЦІ ЗАХВОРЮВАНЬ КРОВІ

М.В. Бурцев

Проведено апробацію розробленої системи підтримки прийняття рішень в медицині, заснованої на комбінованому віршальному правилі, що об'єднує імовірнісну логіку та опис симптомокомплексів захворювань за допомогою апарату нечіткої логіки, при діагностиці захворювань крові на прикладі діагностики анемії.

Ключові слова: підтримка прийняття рішень, комбіноване віршальне правило, імовірнісна логіка, симптомокомплекс, нечітка логіка, діагностика анемії.

APPLICATION OF MEDICAL DECISION SUPPORT SYSTEM BASED ON THE COMBINED DECISION RULE FOR THE BLOOD DISEASES DIAGNOSTICS

M. V. Burtsev

Developed medical decision support system based on the combined decision rule which combines probabilistic logic and symptom complex description using fuzzy logic approbation was made in the field of the blood diseases diagnostics for the case of anemia diagnostics.

Keywords: decision support, combined decision rule, probability logic, symptom complex, fuzzy logic, anemia diagnostics.